

GIS-analys av sårbarhet för översvämningar

Rolf Nyberg, Jan-Olov Andersson, Magnus Johansson, Lars Nyberg
Centrum för Klimat och Säkerhet, Karlstads universitet

Problembeskrivning

Samhällets sårbarhet för naturrisker omfattar ett spektrum av ekonomiska, sociala och miljömässiga aspekter (Villagràn De León 2006, Johansson & Blumenthal, 2009; Persson, 2009). För översvämningar innefattar begreppet bl a vad som exponeras, vilka värden detta har och i vilken mån de utsatta objekten eller områdena kan motstå översvämning, liksom även samhällets och befolkningens hanteringsförmåga och kapacitet till återhämtning från händelser.

Med klimatförändringen förväntas ökande problem med översvämningar, vilket kan orsaka stora skadeverkningar i samhället. Förebyggande kartering av översvämningsrisk ska utföras i Sverige liksom i andra EU-länder med användning av geografiska informationssystem (GIS) som verktyg. Att risken ska kartläggas innebär att konsekvenser av översvämning ska värderas. Internationellt finns metodik utarbetad som bl.a. utnyttjar skadefunktioner där uppkomna skadekostnader relateras till faktorer som vattendjup och vattenhastighet. I Sverige har schablonvärden på översvämningsskador kommit till användning (t.ex. Sweco Viak, 2006).

I denna studie var syftet att, avseende sårbarhet i ekonomiskt hänseende, undersöka hur direkta skadekostnader på bostadsbebyggelse kan uppskattas via en skadefunktion som utgår från taxeringsvärden och från förväntade vattendjup vid översvämning. Ett annat mål var att prova en metod att översiktligt jämföra social och miljömässig sårbarhet för översvämning med de ekonomiska konsekvenserna, vilket efterfrågas i EU:s direktiv om riskkarteringar. Testområdet utgjordes av delar av centrala Karlstad, en stad där mycket erfarenhet om översvämningsfrågor samlats och tidigare kostnadsuppskattningar gjorts (Sweco Viak, 2006; Karlstads kommun 2006). Kommunen har nyligen presenterat ett översvämningsprogram som visar den vikt man ger åt problematiken (Karlstads kommun, 2010).

Data om översvämningsscenarier som tillhandahölls av Karlstad kommun bygger på hydrodynamisk modellering av flöden i Klarälven med olika återkomsttider. Höjdunderlaget till dessa modelleringar har insamlats med flygburen laserskanning. Ytterligare data för studien erhöles från länsstyrelsen eller lantmäteriet, eller inhämtades från GIS-tjänster på webben.

Kvantifiering och klassning av sårbarhet

Metoden att med GIS bedöma potentiell sårbarhet för översvämningar bygger på kvantifiering eller kvalitativ bedömning av läges- eller objektsegenskaper som hänger samman med översvämningsrisk. För t.ex. kategorin bostadshus har sårbarhet beskrivits ur tre synvinklar:

1. Ekonomiskt värde. Ju högre ekonomiskt värde ett husobjekt har, desto större sårbarhet representerar det med avseende på potentiella skadeverkningar. För ändamålet användes taxeringsdata.

2. Grad av fysisk känslighet eller motståndskraft mot vattnets påverkan. Då detaljerade data om detta inte fanns tillgängligt för Karlstad gjordes en grov indelning i hustyper av olika motståndskraft mot översvämning (baserat på Kelman, 2002 och Sandler, 2009).
3. Lägesexponering eller utsatthet, dvs hur stort översvämningshotet på platsen är. Läget har bedömts med en klassning av graden av utsatthet.

Uppskattning av skadekostnader för byggnader

För att uppskatta ekonomiska skadekostnader utgicks från taxeringsvärden kopplade till byggnadsytor och byggnadskoordinater. För att anpassa materialet till analysens beräkningar krävdes ett redigeringsarbete av datas struktur (se diskussion).

En generell funktion (fig.1) mellan vattendjup och skadekostnad som andel av byggnaders totalvärden valdes baserat på skadefunktioner angivna i litteraturen (Dutta et al., 2003; Buchele et al., 2006; Apel et al., 2009; Pistrika & Jonkman, 2010).

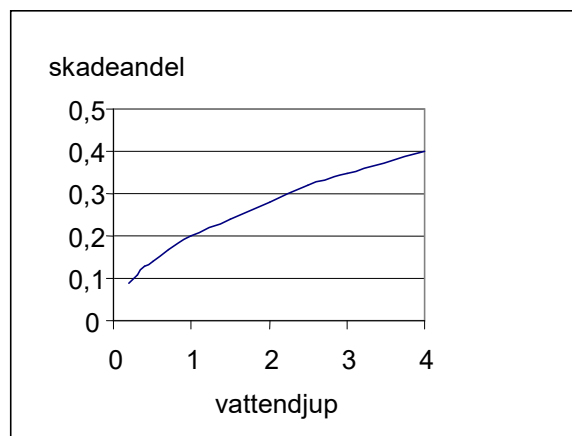
$$S = b \times \text{SQRT}(h)$$

där

S= uppskattad skadeandel

b = faktor som uttrycker skadeverkan vid 1 m vattendjup, användardefinierad

h= vattendjup i meter



Figur 1. Skadefunktion för byggnader baserad på vattendjup i meter. Värdet S för skadeandel multiplicerat med husets totalvärde ger uppskattad skadekostnad.

Funktionen applicerades med såväl minimum som maximum modellerat vattendjup per byggnad för att kunna skatta spännvidden i skadeverkningar. Faktorn b kan varieras beroende på hustyp. Aktuella marknadsvärden kan även användas i beräkningen. Mer kortsiktiga variationer i husvärden utifrån efterfrågan kommer dock att innebära att den beräknade skadekostnaden också varierar utan någon direkt grund i översvämningshotet eller byggnaders egenskaper.

Motståndskraft mot översvämning för bebyggelse

Som en indikator på motståndskraft togs husålder, eftersom tidsfaktorn kan ha ett samband till husets skick, typ av mer eller mindre sårbar konstruktion m.m. (Kelman, 2002). Uppgift om byggnadsår för enstaka hus har inte funnits tillgängligt, men åldern kunde anges i ett antal klasser baserat på redovisningen av bebyggelse i de historiska kartorna på Karlstad kommuns webbsajt. Något entydigt samband mellan ålder och byggnaders motståndskraft finns naturligtvis inte, men en indelning gjordes delvis baserat på erfarenheter från en studie av byggnadsskador utifrån försäkringsstatistik (Sandler, 2009) (Appendix 1 A).

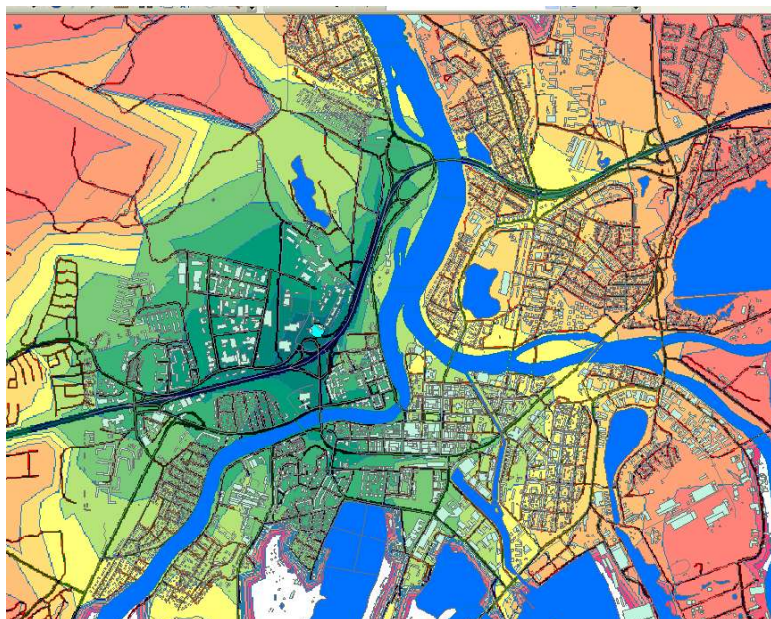
Andra faktorer som kan inverka är antal våningsplan och byggnads markyta. Enplanshus har betraktats som mest sårbara, liksom generellt hus med liten markyta. Flerplanshus ger möjlighet att rädda undan personer och inventarier från markplanet. Vid hög strömningshastighet och stora vattendjup kan risken att hus rubbas från grunden och t.o.m. kollapsar vara störst för mindre enplanshus. Information om förekomst av en- och flerplanshus hämtades från 3D-flygbilder på webbkarttjänst och terrängkartans bebyggelseindelning. Fyra klasser urskildes (Appendix 1 B). Förekomst av källarplan och uppgift om golvplanets höjd ovan mark är ytterligare relevanta faktorer som borde inkluderats, men uppgifter om detta saknades.

Lägesexponering

En klassificering av läget gjordes i förhållande till frekvensen av översvämningar enligt de scenarier som tagits fram för Karlstad (Appendix 1 C). Exponerat läge intill älven beaktades som ytterligare en sårbarhetsfaktor. Hus i utsatta lägen löper störst risk att påverkas av flytande föremål och höga vattenhastigheter. Exponerade älvsträckor definierades med en 50 m buffert från vattenkanten, med undantag av vid älvens innersvängar där vattnet rinner långsammare.

Läget med hänsyn till modellerade vattendjup per bostadshus ingick i skadekostnadsberäkningen. Endast översvämningssytor som i modelleringen hänger samman med Klarälvens yta ingick i analysen. Ett separat skikt skapades för översvämmade områden med vattendjup överstigande 0,5 m vid 100-årsflödet som ytterligare indikator på utsatta områden vid sårbarhetsbedömningen.

Tillgänglighet för räddningsinsatser kan sägas vara ännu ett mått på sårbarhet för bostadshus. Kriteriet beräknades utifrån byggnaders avstånd till räddningsstation utmed vägnätet (fig 2). Ett vattendjup större än 0,3 m fick avgränsa nedsatt framkomlighet för fordon i nätverksanalysen. Längd av översvämmade gator beräknades områdesvis vid olika scenarier.



Figur 2 Avståndszoner från räddningsstation (ljusblå punkt). Stadsdelarna öster om Klarälven har sämre tillgänglighet längs vägnätet.

Social och miljömässig sårbarhet

Antal bosatta inom potentiellt översvämmade byggnader samt om dessa inkluderar äldre (75+) eller barn (5-), dvs riskgrupper i behov av hjälp vid en översvämningssituation, användes som kriterium på social sårbarhet. Befolkningens sårbarhet har tidigare beskrivits av Karlstads kommun (Moberg & Asplund, 2010), vilket innefattat även översvämning av lågt belägna områden utan förbindelse med Klarälvens vattenyta. I vår studie utgår vi enbart från den sammanhängande översvämningsytan intill älven. Det resulterar i mer begränsade konsekvenser.

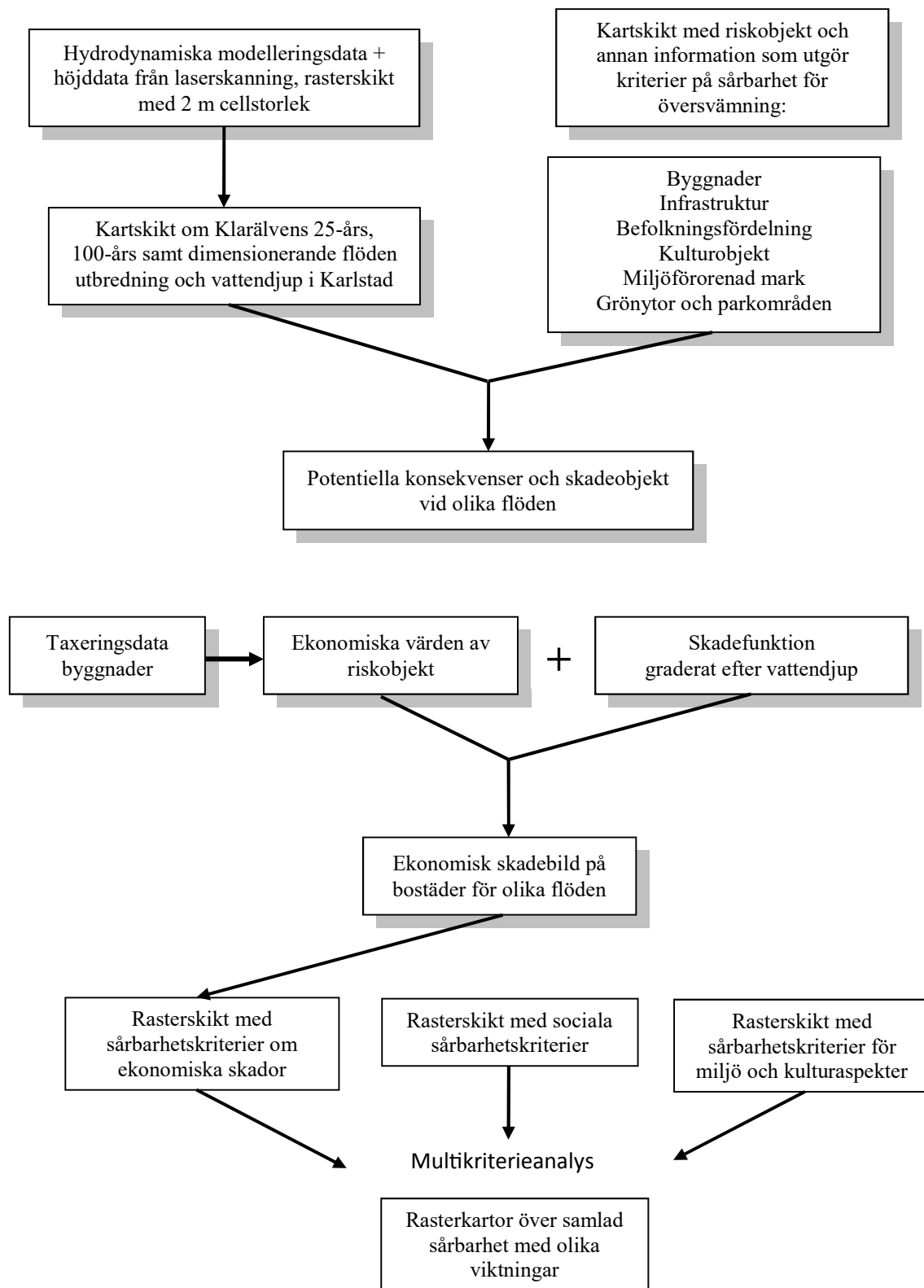
Beträffande befolkning har enbart räknats med antal boende inom drabbat område. Temporär vistelse vid arbetsplats m.m. har utelämnats. Sådana "närvarofaktorer" är viktiga vid analyser av plötsligt inträffande olyckshändelser som skred och ras (Fallsvik m.fl., 2010). Eftersom älvsöversvämningar infaller mer gradvist har antagits att risken begränsas främst till boende i området. Inte heller har kostnader genom dödsfall, som sällan förknippas med långsamt inträdande översvämningar, beaktats. Givetvis kan betydande sociala kostnader av medicinska orsaker ändå förekomma även i dessa fall. Förekomst av samhällsviktig byggnad, t.ex. sjukhus, vårdcentral, kommunal ledningsfunktion, skola m.m. betecknades som "hotspot" med hög grad av sårbarhet. Information hämtades från terrängkartan och kommunens webbsidor.

Miljöaspekter innefattades främst genom att areal översvämmade grönytor beräknades. Därtill söktes fram översvämningshotade markområden med förekomst av föroreningar, hämtade från Länsstyrelsens webbsajt. Områdena finns återgivna som punkter men har vid analysen utvidgats till cirkelformade buffertzoner om 100 m i diameter. Till miljömässig sårbarhet har även räknats utsatta byggnader klassade som kulturminnen.

Jämförande analyser av sårbarhet

För att jämföra områden ur sårbarhetssynpunkt gjordes sökningar i GIS-databasen för att synliggöra var flest sårbara objekt förekommer. Objekt som söktes fram var: enplans småhus med yta under 80 kvm; hus som kan exponeras för stora vattendjup; hus med stort avstånd till räddningsstation och med bosatta från riskgrupp; små enplanshus i exponerade älvnära lägen; samt hus med höga taxeringsvärden. I en relativ sårbarhetsgradering vägdes rasterskikt över ekonomisk, social och miljömässig sårbarhet samman i en multikriterieanalys (Meyer et al., 2009). Rasterskikten kan viktas olika och adderas samman till kartor över den relativa sårbarhetens geografiska fördelning, lämpliga som underlag i överväganden om åtgärder för att minska lokal sårbarhet. Exempel på en poängviktnings som användes återges i Appendix 1 D.

Figur 3 visar schematiskt studiens upplägg för sammanvägning av sårbarhetsaspekter.



Figur 3. Översikt av studiens upplägg för sammanvägning av olika typer av sårbarhet.

Resultat

Framsökning av drabbad bebyggelse genom överlagring

Via överlagring mellan de olika flödesnivåerna och bebyggelsen har de områden som enligt modelleringen drabbas av olika vattendjup lokaliserats och hus som påverkas sökts fram. Detta har gjorts med fyra överlagringsstrategier: Sök fram hus som översvämmas runt om; hus vars mittpunkt hamnar inom översvämmad yta; hus som berörs endast partiellt; samt hus som befinner sig inom 10 m från översvämmat vatten på markytan med hänsyn till risk för grundvatteninträngning och källaröversvämning (Tabell 1).

I den följande redovisningen av uppskattade skadeverkningar på bebyggelse har metoden att byggnader skärs (delvis vidrörs) av översvämningsytan använts. Det innebär att vatteninträngning antas kunna skada hela det horisontella markplanet av hus, även vid endast partiell kontakt med det utanförliggande ytliga vattnet.

Tabell 1. Framsökning av hus i förhållande till 100-årsflödets sammanhängande översvämningsyta. Inkluderar alla hustyper, även uthus.

Sökmetsod	Antal framsökta byggnader
Hus ligger helt inom yta	340
Hus mittpunkt ligger inom yta	562
Hus yttre begränsning skär (vidrör delvis) översvämningsyta	842
Hus ligger inom 10 m från yta	1175

Taxeringsdata som underlag till skadekostnadsuppskattning

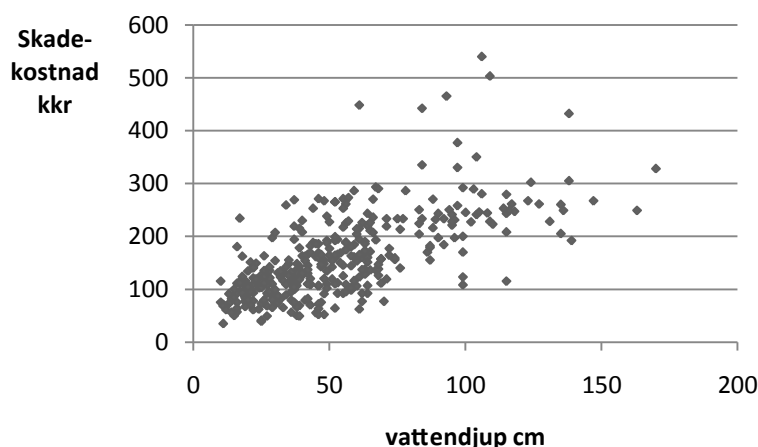
Taxeringsdata uppvisade vissa luckor och andra egenskaper i hur de är strukturerade, bl.a. samtaxering, vilket gör dem inte omedelbart användbara i överlagringsanalysen. Mest direkt användbart är data för bostadsbebyggelse, medan speciellt offentliga byggnader kan sakna uppgifter. En översikt av fullständigheten i materialet för Karlstad ges i tabell 2.

Tabell 2. Fullständigheten i taxeringsdata för byggnader som hamnar inom de tre översvämnings-scenarierna för Klarälven i Karlstad.

Objekt	Antal vid 25-årsflöde	Varav med taxering	Antal vid 100-årsflöde	Varav med taxering	Antal vid dimensioner. flöde	Varav med taxering
Byggnader totalt	75	51	842	783	4971	4530
varav Bostadshus	25	24	473	468	2556	2499
Industri	4	2	9	6	220	195
Transformator-stn	5	0	14	0	68	0
Offentlig byggnad	5	3	23	6	205	58
Uthus	36	22	323	303	1922	1778

Uppskattning av skadekostnader via skadefunktion

Genom variationen i husvärden och modellerade vattendjup erhålls en stor spridning i de med skadefunktionen beräknade skadekostnaderna (Figur 4, uppskattade maximala skador för småhus). Snittkostnaderna per hus har summerats på stadsdelar i tabell 3 för uppskattade lägsta skadekostnader. Samtaxerade byggnaders värde har fördelats proportionellt mellan enheterna, vilket för ett begränsat antal fall innebär approximativa skadekostnader.



Figur 4. Spridning av beräknade maximala skadekostnader för småhusbebyggelse som funktion av modellerade vattendjup för Klarälvens 100-årsflöde.

Tabell 3. Genomsnittliga uppskattade lägsta skadekostnader i kkr på småhus i fyra stadsdelar, baserat på taxeringsvärden och modellerade vattendjup.

	100-årsflöde	Antal hus	Dimensionerande flöde	Antal hus
Färjestad	102	62	145	441
Sundsta	82	76	208	228
Romstad	83	171	166	326
Sommarro	85	54	138	107

Effekten av ändrade ingångsvärden testades genom beräkningar där vattendjup per byggnad reducerades med 10 resp. 20 cm, vilket kan vara en metod att simulera tröskelnivåer innan vatten når upp till dörröppningar (Tabell 4). Därvid reducerades uppskattad skadekostnad per hus med cirka 12 % vid 10 cm djupminskning, 28 % vid 20 cm. Vid 20 cm minskat vattendjup undantogs drygt 40 hus från inverkan av översvämning, dvs fick vattendjupet 0.

Tabell 4. Jämförelse beräknad maximal skadekostnad på småhus vid ändring av vattendjup-parameter (100- årsflödet), värden i tusental kronor.

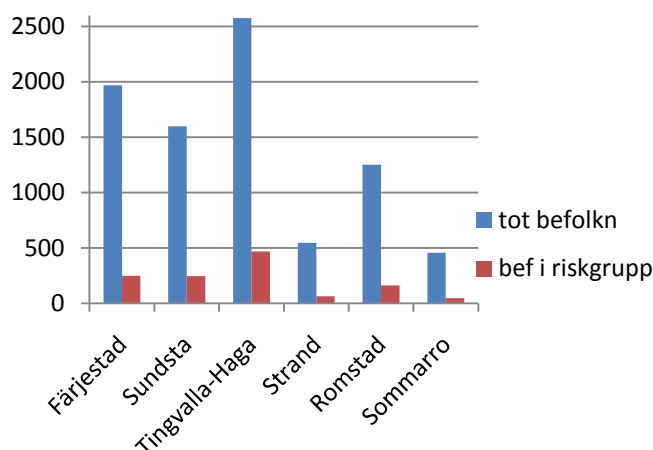
	Antal hus	Kostnad per hus	Max kostnad total
Ursprunglig beräkning	368	156	57562
10 cm reducerat vattendjup	366	137	50447
20 cm reducerat vattendjup	325	113	41493

Ändring av parametern "b", dvs skadeandel av totalt husvärde vid 1 m vattendjup, kan åskådliggöras på liknande sätt och innebär att skadefunktionens kurva skiftas uppåt eller nedåt i figur 1.

För de studerade stadsdelarna i Karlstad rör det sig enligt uppskattningarna på kostnader från 1,4 - 2 miljoner kr för dryga tiotalet hus vid ett 25-årsflöde till uppåt 33-58 miljoner kr och knappt 400 hus vid ett 100-årsflöde. Ett dimensionerande flöde skulle drabba 1750 hus med en skadekostnad i storleksordningen 270-400 miljoner kr. Omräknat till marknadsvärden skulle beloppen ligga högre och totalkostnaden för hela Karlstad sannolikt uppgå till miljardbelopp. Kostnader för skadad infrastruktur, indirekta kostnader m.m. tillkommer.

Social och miljömässig sårbarhet

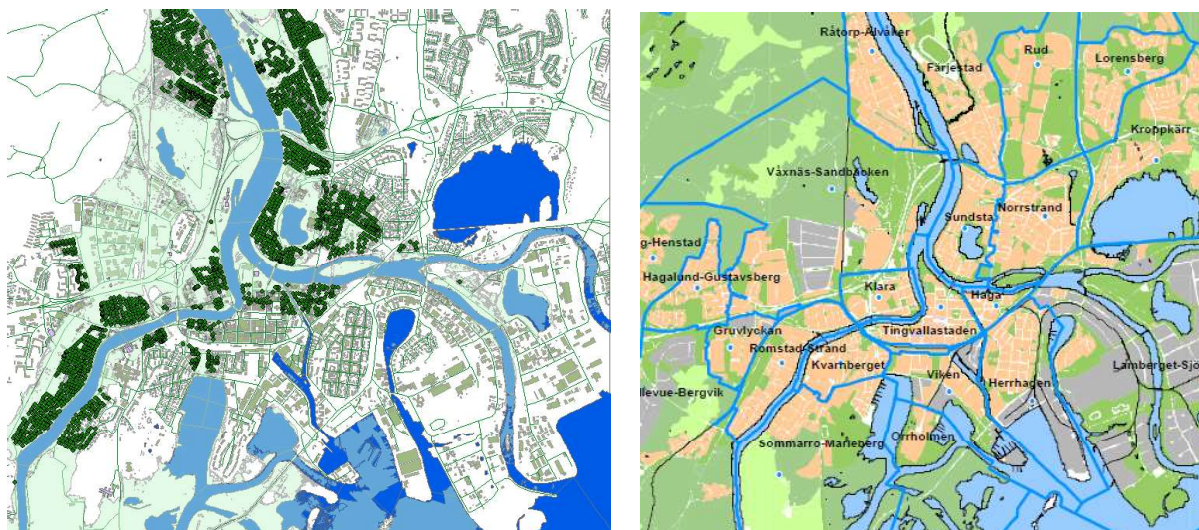
För de frekventa översvämningarna (25-års återkomsttid) är bara ett mindre antal personer boende intill älven utsatta. Ett 100-årsflöde drabbar dryga tusentalet personer, medan ett extremt dimensionerande flöde får konsekvenser för en betydande andel (> 15 000) av Karlstads invånare i de mer centrala delarna, varav åtskilliga tillhör riskgruppen (figur 5).



Figur 5. Antal boende i hus som kan påverkas av älvsammanhängande översvämning med vattendjup > 0,3 m vid dimensionerande flöde i Klarälven, visat för sex stadsdelar.

Sårbarheten för befolkningen sett mellan olika stadsdelar visar att Sommarro i sydväst är mest utsatt vid vanligare flöden (25-års återkomsttid). Vid 100-årsflödet drabbas särskilt Sundsta och Romstad hårt. Först vid extremt dimensionerande flöde blir Tingvallastaden (den centrala stadskärnan) och dess bebyggelse och invånare starkt drabbad, och samtidigt påverkas även invånare i större omfattning utanför de studerade stadsdelarna (Figur 6).

Den framtagna begränsningen av framkomlighet för fordon på vägnätet vid vattendjup över 0,3 m var utgångspunkt för en bedömning av områdesvis variation i sårbarhet (Tabell 5). 100-årsflödet t.ex. slår hårdast mot Färjestad och Romstad genom partiell översvämning av gatunätet. Området öster om Klarälven norr och söder om E18 är det område som har störst risk för stora skadeverkningar på småhusbebyggelse i samband med extrema översvämningar. Vid dimensionerande flödets översvämning utsätts flera hus för risken att vattendjupet kan överstiga 2 meter.



Figur 6 Dimensionerande flödet > 30 cm djup, områden med drabbad bofast befolkning (mörka). Till höger översiktskarta av stadsdelars lägen (källa: Karlstad kommun).

Tabell 5. Områdesvis klassning av tillgänglighet vid översvämning

Stadsdel	Översvämning Klarälvslöde	%-andel översvämmade gator >0,3m vattendjup
Färjestad	25-års	0
	100-års	28
	Dimensionerande	90
Sundsta	25-års	0
	100-års	12
	Dimensionerande	76
Strand	25-års	0
	100-års	0
	Dimensionerande	96
Romstad	25-års	0
	100-års	31
	Dimensionerande	98
Sommarro	25-års	0
	100-års	20
	Dimensionerande	55

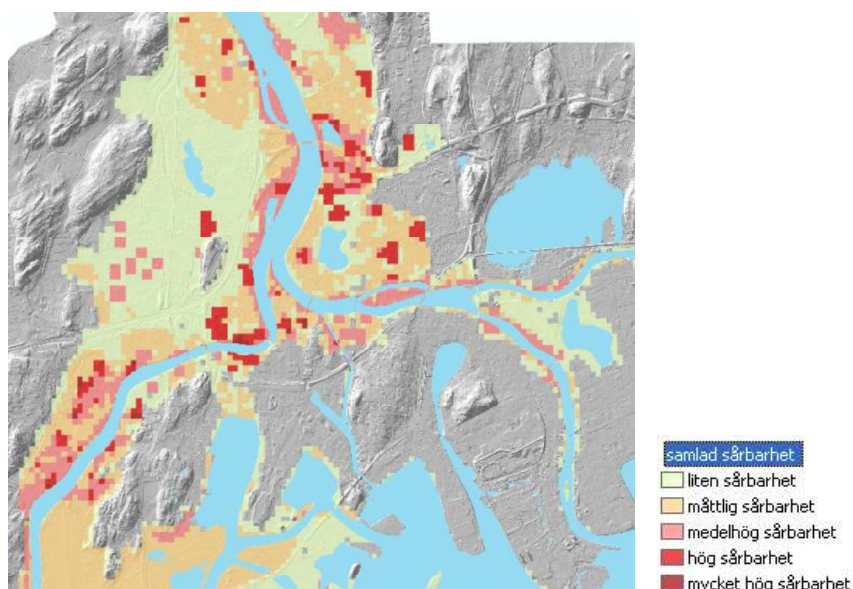
Beträffande miljömässig sårbarhet leder 25- och 100-årsflödena till översvämning av stora ytor av grönområden. Det finns även ett antal markförorenade områden som kommer att sättas under vatten med potentiell föroreningsspridning som följd. Därtill kan kulturminnesskyddade byggnader få vattenskador. Kortvarig översvämning behöver sannolikt inte innebära stora skadeverkningar på miljön. Följderna vid ett dimensionerande flöde med större vattendjup kan bli mer omfattande genom erosion och sedimentation m.m.

Lokal variation i sårbarhet

Vilket område som ses som mest sårbart är beroende av vilka faktorer som tillmäts störst vikt. Stadsdelarna i sydväst (Romstad, Sommarro) har flest utsatta småhus i älvnära lägen. För stadsdelarna öster om Klarälven är i stället tillgängligheten för räddningsinsatser sämre, eftersom räddningsstationen är belägen på västra älvsidan. Ser man i detalj på bebyggelsen finns interna skillnader i åldersstruktur, kostnadslägen, hustyper m.m. inom stadsdelarna vilket gör att sårbarheten nog ofta är mer objektstyrd än beroende av i vilket område ett hus ligger.

Aggregerad sårbarhetsanalys samt multikriterieanalys av total sårbarhet

En summering av skadevärden och drabbad befolkning inom större ytenheter (rasterceller med t.ex. 25-100 m sida) ger en översiktlig bild av översvämningarnas konsekvenser. Summeras samtliga kriterier som valts i studien för att beskriva sårbarhet inom såväl ekonomisk, social som miljömässig sårbarhet erhålls en risk- eller sårbarhetsbild (Figur 8), som kan varieras utifrån vilka kriterier som anses mest betydelsefulla i en multikriterieanalys. Den viktning av kriterier som använts i figur 7 visas i Appendix 1 D.



Figur 7. Sammanvägd sårbarhet för översvämning från Klarälven baserad på multikriterieanalys. Värden på kriterier på sårbarhet har summerats inom 25 m rutor efter det kriterium som haft högst rankning om flera kriterier sammanföll. Ingen sårbarhet för översvämning föreligger utanför den färgade zonen, som motsvarar dimensionerande flödets utsträckning. Höga sårbarhetsvärden motsvarar framför allt värdefull bebyggelse.

Diskussion

En jämförelse kan vara intressant av de uppskattade totalkostnaderna till den skadekostnadsvärdering utifrån schablonvärden som utförts av Sweco Viak (2006) för översvämningen i Karlstad 1995, vilken har liknats vid ett 100-årsflöde. En skillnad är att Vänerns nivå i Swecos beräkning var 45,0 m, dvs något högre än för de modelleringar med normalvattenstånd som använts i denna studie. Sweco erhöll kostnader på småhusbebyggelse ungefär inom intervallet 30-60 miljoner kr. Vår studie, där 100-årsflödets skadekostnader uppskattades till 33-58 miljoner kr, omfattade dock inte samtliga bostadsområden i Karlstad. Därför verkar det sannolikt att användningen av en skadefunktion i stället

för schabloner i det här fallet gett högre kostnadsuppskattning, dock i någorlunda samma storleksordning.

Enligt skadefunktionen stiger skadekostnaden per hus med översvämningens omfattning, då fler hus påverkas av större vattendjup. Medelskadekostnad per småhus hamnar inom intervallen 90000-160000 kr (100-årsflödet) och 150000-230000 kr (dimensionerande flödet). Skadestatistik från Länsförsäkringar om översvämningsskador på småhus visar lägre medelkostnader i ersättningsbelopp. Schabloner som använts av Sweco ligger, mer jämförbart, på 125000-250000 kr.

Om man får ungefär likartad skadeuppskattning som när schabloner används, vad är då värdet med en skadefunktion? Fördelen med en skadefunktion i förhållande till schablonvärdering är att den tar hänsyn till rumslig variation i skadekostnad som kan orsakas av varierande vattendjup. Den maximala vattennivå som nås vid en älvöversvämning brukar ge upphov till huvuddelen av skadorna (Buchelet et al., 2006). Eftersom djupen varierar mycket inom ett översvämmat område bör också skadebilden variera, med störst skador där vattnet stått högst. Hur skadorna faktiskt varierar med vattendjupet är knappast dokumenterat i svenska översvämningar – finns nivåer där skadorna tilltar markant, eller är det i stället så att när en viss nivå nåtts ökar inte skadeverkan ytterligare?

Skadefunktioner har å andra sidan ifrågasatts om de lägger tonvikt endast på vattendjupet, i fall där andra faktorer som översvämningens varaktighet, eller vattnets strömningshastighet, kan ha stor inverkan (Apel et al., 2009; Pistrika & Jonkman, 2010).

Med denna osäkerhet hade det varit värdefullt om funktionen kunnat "kalibreras" mot statistik om verkliga skadebelopp om uppgifter om vattendjup registrerats i denna. En annan möjlighet är att informationen kan insamlas från drabbade husägare.

Strukturen hos de taxeringsdata som använts i studien är ej optimal för översvämningsanalys, som behöver kunna hantera byggnadsobjekt individuellt. Det saknas uppgifter om taxeringsvärden för vissa objekt, vanligtvis officiella byggnader. För småhusbebyggelse är data mer eller mindre kompletta. En annan stötesten vid analysen är att taxeringsvärdet för flera hus inom samma fastighet kan anges samredovisat, vilket försvårar en bedömning av skadekostnad när översvämning drabbar selektivt. Problemet är att kunna dela upp ett grupperat taxeringsvärde på flera byggnader inom en fastighet. Är byggnaderna identiska är detta möjligt med bibehållen noggrannhet, men i andra fall blir de uppdelade värdena approximativa.

I samband med överlagring mellan kartsikt kan mindre felaktiga polygoner ha skapats som också bär information om byggnadsvärden. Dessa måste elimineras för att undvika falsk beräkning av skadekostnad och antal påverkade hus.

Ovanstående punkter innebär att en metod att kunna anpassa taxeringsdata till analysen utan omfattande manuellt redigeringsarbete på bildskärmen är behövlig. Uppskattningen av skadekostnader på bebyggelse skulle kunna utvecklas med mer detaljerade kriterier på byggnaders sårbarhet. Fler faktorer om den byggda miljöns egenskaper kan inkluderas, t.ex. markytans andel av hårdgjorda ytor kontra vegetation, vilket påverkar risken för vattenansamling. I sammanhanget är också information om de kommunala VA-systemens funktion vid översvämning värdefull.

Slutsatser

Studien har syftat till att belysa aspekter på databearbetning och analysmetodik vid användningen av GIS i naturriskanalyser. Ett av resultaten är utprovning av en beräkningsmodell för skadekostnader på bostadshus. Det är ingen exakt modell men ger möjlighet att skatta storleksordningen av kostnader vid händelser av olika dimensioner, vilket kan ingå i underlag för sårbarhetsbedömning och förebyggande arbete. Den bör ge större möjligheter att utvärdera lokala variationer i sårbarhet för skadeverkningar från översvämning jämfört med schablonbaserade uppskattningar. Många ytterligare faktorer som påverkar skadekostnader i enskilda fall beaktas dock ej, varför metoden fortfarande endast ger en grov indikation på beloppens storlek. Tillgång till detaljerade data om olika husegenskaper hade behövts för att kunna ge en mer verklighetsanpassad analys.

Taxeringsdata kan fungera som utgångspunkt i bedömningen av olika byggnaders värdering, men kräver en del handpåläggning för att kunna användas i GIS-analyser med god noggrannhet. Framför allt gäller det saknade uppgifter samt samtaxeringar för flera byggnader i samma fastighet, vilket behöver åtgärdas för att få ett värde per byggnad, vilket är önskvärt i en översvämningsanalys. Skall tät stadsbebyggelse studeras blir frågan hur taxeringsvärden skall hanteras troligen mer besvärlig att lösa än för småhusbebyggelse, som studerats i denna studie.

Ett annat resultat av studien, den sammanvägda multikriterieanalysen, har potential som ett planeringsverktyg för att jämföra sårbarhet ur olika perspektiv. Dess mer detaljerade utformning bör göras i samverkan med experter inom olika verksamhetsområden för att prova realistiska graderingar av sårbarhetskriterier. Fördelen med metoden är att olika sårbarhetsbilder snabbt kan genereras och studeras i GIS-programmet.

Referenser

- Apel, H., Aronica, G. T., Kreibich, H. & Thielen, A. H., 2009. Flood risk analyses – how detailed do we need to be? *Nat. Hazards* (2009) 49: 79-98.
- Buchele, B., Kreibich, H., Kron, A., Thielen, A., Ihringer, J., Oberle, P., Merz, B. & Nestmann, F., 2006. Flood-risk mapping: contributions towards an enhanced assessment of extreme events and associated risks. *Nat. Hazards Earth Sys. Sci.*, 6, 485-503.
- Dutta, D., Srikantha, H. & Katumi, M., 2003. A mathematical model for flood loss estimation. *Journal of Hydrology* 277 (2003), 24-49.
- Fallsvik, J., Svahn, V., Falemo, S. & Lundström, K., 2010. Kostnadsnyttoanalys för förebyggande åtgärder mot skred och ras till följd av förändrat klimat. SGI, Linköping, Varia 603.
- Johansson, M. & Blumenthal, B., 2009. Att mäta sårbarhet mot olyckor. Om sårbarhet som begrepp och indikatorer. Rapport, Publ.nr MSB0110-09, Myndigheten för samhällsskydd och beredskap.
- Karlstads kommun, 2006. Åtgärdsplan för Klarälven i Karlstad – avseende erosion, sedimentation och höga flöden. http://nytt.karlstad.se/press/files/2006/atgardsplan_forslag0609_plan.pdf
- Karlstads kommun, 2010. Översvämningsprogram Karlstads kommun. http://www.karlstad.se/apps/symfoni/karlstad/karlstad_mm.nsf/lupgraphics/oversvamning.pdf
- Kelman, I., 2002. Physical flood vulnerability of residential properties in coastal, eastern England. PhD-dissertation, Univ. of Cambridge, U.K.
- Meyer, V., Scheuer, S., & Haase, D., 2009. A multicriteria approach for flood risk mapping exemplified at the Mulde river, Germany. *Nat Hazards* (2009) 48: 17-39.
- Moberg, J. O. & Asplund, J., 2010. Boende i riskzon för översvämning. Pdf-dokument Karlstad kommuns webbsida.
- Nyberg, R. 2010. GIS-tillämpningar inom översvämningshantering. En forskningsöversikt. Centrum för klimat och säkerhet, Karlstads universitet. Rapport 2010:2.
- Persson, E., 2009. Om sociala sårbarheter i relation till naturkatastrofer. D-uppsats Samhällelig Riskhantering, Karlstads universitet.
- Pistrika, A. K. & Jonkman, S. N., 2010. Damage to residential buildings due to flooding of New Orleans after hurricane Katrina. *Nat. Hazards* (2010) 54:413-434.
- Sandler, J. 2009. Effektivt försäkringssystem mot översvämningar. En anpassning till ett förändrat klimat. Examensarbete Lantmäteriprogrammet, LTH, Inst. för Bygghälsan.
- Sweco Viak, 2006. Bedömning av riskkostnad vid översvämning i Karlstads tätort. Inom FLOWS-projektet WP3, uppdrag 1335485.
- Villagràn De León, J. C., 2006. Vulnerability. A conceptual and methodological review. SOURCE, United Nations University, Publication Series of UNU-EHS No.4. 61 p.

Appendix 1. Indelningar av sårbarhetskriterier

A. Sårbarhetsindelningar för småhus utifrån ålder. Tidsperioderna är satta utifrån historiskt kartmaterial över Karlstads utveckling tillgängligt på kommunens webbplats, och utifrån litteraturuppgifter om översvämningsskador och motståndskraft för olika hustyper. Perioderna är därför inget generellt gällande utan endast en grov indelning för studiens syften.

Byggtid före 1937	Byggtid 1938- 1966	Byggtid 1966- 1988	Byggtid efter 1988
medelhög sårbarhet	låg sårbarhet	hög sårbarhet	låg sårbarhet

B. Sårbarhetsindelning av byggnader utifrån antal våningsplan och markyta

	Antal våningar 1	Antal våningar 2 el. flera
Markyta <80 kvm	hög sårbarhet	medelhög sårbarhet
Markyta >=80 kvm	medelhög sårbarhet	låg sårbarhet

C. Sårbarhetsindelning av byggnader utifrån läge / översvämningshot

Återkomsttid för översvämning	25-års frekvens	100-års frekvens	c. 10000-års frekvens dimensionerade flödet
	hög sårbarhet	medelhög sårbarhet	låg sårbarhet

D. Poängviktning i multikriterieanalys av sårbarhet för översvämning

Rasterskikt	Cellvärden (stigande sårbarhetsgradering)
Byggnaders taxeringsvärden	1-10
Byggnads tillkomstperiod	1-3
Byggnad av enplanstyp	1
Byggnad med liten markyta (< 80kvm)	1
Lägets översvämningshot	1-3
Älvnära läge	1
Läge med modellerat vattendjup > 0,5 m	1
Läge ur insatssynpunkt	1-5
Antal utsatt befolkning	1-5
Utsatt befolkning ur riskgrupp	5
Drabbad hotspot	10
Översvämmat grönområde	1
Översvämmat markförorenat område	5
Drabbat kulturvärdeobjekt	10